

В настоящее время одной из важнейших и быстроразвивающихся областей современной научно-практической деятельности является наноиндустрия. Современные знания в области наноматериалов и нанотехнологий существенно меняют представления о взаимодействии материалов и систем с человеком и окружающей средой [1]. Вместе с тем, нормативная база в области нанотехнологий на данный момент представлена всего лишь двумя национальными стандартами [1, 2], в которых установлены общие принципы менеджмента риска и основные положения системы менеджмента риска для организаций, занимающихся исследованиями, производством, применением и утилизацией наноматериалов, наноструктур, нанопродукции и нанотехнологий. Также установлены процессы идентификации опасностей и обмена информацией при разработке и использовании наноматериалов, указан подход к идентификации опасностей. Основным элементом идентификации опасностей наноматериалов является составление профилей материала, опасностей и экспозиции. Профили свойств материала, опасностей и экспозиции включают в себя описание физических и химических свойств наноматериала, присущих ему опасностей и экспозиции в соответствии с его жизненным циклом. Это описание должно содержать краткий обзор данных и способы получения недостающей информации. Перечень данных о физических и химических свойствах материала, согласно [2], должен содержать следующую информацию: · техническое наименование; · коммерческое наименование; · общий вид наноматериала; · химический состав (включая состав защитного покрытия поверхности); · молекулярная структура; · кристаллическая структура; · физическое состояние и форма частиц (при комнатной температуре и нормальном давлении); · размер частиц, распределение размеров частиц (гранулометрический состав) и площадь поверхности; · плотность частиц; · растворимость (в воде и соответствующих биологических жидкостях); · диспергируемость; · объемная плотность; · наличие агломератов; · пористость; · поверхностный заряд; · химическая активность поверхности. На каждый наноматериал помимо установленной документации необходимо иметь «Паспорт безопасности» [3]. «Паспорт безопасности» предназначен для обеспечения потребителя достоверной информацией о безопасности промышленного применения, хранения, транспортирования и утилизации химической продукции, в том числе и на основе наноматериалов, а также ее использования в бытовых целях [4]. «Паспорт безопасности» содержит следующие разделы: 1. Идентификация химической продукции и сведения о производителе или поставщике; 2. Идентификация опасности (опасностей); 3. Состав (информация о компонентах); 4. Меры первой помощи; 5. Меры и средства обеспечения пожаровзрывобезопасности; 6. Меры по предотвращению и ликвидации аварийных и чрезвычайных ситуаций и их последствий; 7. Правила хранения химической продукции и обращения с ней при погрузочно-разгрузочных работах; 8. Средства контроля за опасным воздействием и

средства индивидуальной защиты; 9. Физико-химические свойства; 10. Стабильность и реакционная способность; 11. Информация о токсичности; 12. Информация о воздействии на окружающую среду; 13. Рекомендации по удалению отходов (остатков); 14. Информация при перевозках (транспортировании); 15. Информация о национальном и международном законодательстве; 16. Дополнительная информация. К настоящему моменту в данной области была проведена работа по исследованию пожаровзрывоопасных свойств аэрозолей наноразмерных материалов [5]. В данной работе основной задачей было определение показателей пожаровзрывоопасности ряда органических веществ в форме аэрозолей микро- и наноразмерных частиц и оценка восприимчивости к инициирующему импульсу и силы взрыва аэрозолей наночастиц. В ходе работы были впервые экспериментально определены показатели пожаровзрывоопасности аэрозолей гидрохинона ( $C_6H_4(OH)_2$ ), лактозы ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), резорцина ( $C_6H_6O_2$ ) и уротропина ( $C_6H_{12}N_4$ ) на основе наноразмерных частиц. Было проведено сравнение показателей для аэрозолей микро- и наноразмерных частиц, которое показало увеличение средней и максимальной скорости нарастания давления взрыва и нижнего концентрационного предела распространения пламени для фракций наноразмерных частиц. При этом максимальное давление взрыва осталось без изменений (на примере уротропина рисунок 1-4). Рис. 1 - Зависимость давления взрыва от концентрации уротропина микро- и нанодисперсного состава. Экспериментальные данные показали четкую зависимость увеличения НКПР,  $(dP/dt)_{max}$ ,  $(dP/dt)_{cp}$ , что подтвердило выдвинутую гипотезу об увеличении указанных параметров с уменьшением размера частиц. Рис. 2 - Нижний концентрационный предел распространения пламени уротропина микрои нанодисперсного состава. Рис. 3 - Зависимость средней скорости нарастания давления взрыва от концентрации уротропина микро- и нанодисперсного состава. Рис. 4 - Зависимость максимальной скорости нарастания давления взрыва от концентрации уротропина микро- и нанодисперсного состава. Изменение показателей в процентном соотношении при уменьшении частиц с микро- до наноразмеров составило от 20 до 70 % (таблица 1). Таблица 1 - Экспериментальные значения показателей пожаровзрывоопасности аэрозолей микро- и наноразмерных частиц уротропина

Наименование показателя	Уротропин микро	Уротропин нано
$P_{max}, кПа$	638,9	616,77
$(dP/dt)_{cp}, МПа/с$	41,78	62,54
$(dP/dt)_{max}, МПа/с$	135,00	165,00
НКПР, г/м <sup>3</sup>	31	52
$K_{st}, МПа \times м/с$	21,9	26,7

Увеличение НКПР происходит вследствие смены режима горения с фазодинамического, свойственного для аэрозвесей твердых частиц, на гомогенный, свойственный для газов. Данный переход, по-видимому, наблюдается при среднем размере частиц  $50 \div 100$  мкм. Подобных исследований применительно к энергонасыщенным материалам не проводилось, хотя в последнее время нанодисперсные материалы находят все большее применение

в различных рецептурах энергонасыщенных составов и изделий из них [6]. Однако отсутствие сведений о свойствах этих материалов, в том числе параметрах пожаровзрывоопасности, не позволяет устанавливать необходимые и достаточные требования промышленной и пожарной безопасности для производств данного класса веществ. Исходя из этого, можно сделать вывод, что экспериментальное определение показателей пожаровзрывоопасности энергонасыщенных материалов в форме аэрозолей микро- и наноразмерных частиц и оценка восприимчивости к инициирующему импульсу и силы взрыва аэрозолей наночастиц является важной народно-хозяйственной задачей [7, 8].